

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

В. К. Чекунов, С. Ю. Александровський, С. І. Бандура

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних робіт з курсу
"Електричні апарати"

Рекомендовано Методичною радою НУК

Миколаїв 2009

УДК 21.313.8: 621.311

Чекунов В.К., Александровський С. Ю., Бандура С. І. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу "Електричні апарати". – Миколаїв: НУК, 2009 – 24 с.

Кафедра суднових електроенергетичних систем

Методичні вказівки містять опис конструкції, призначення, паспортні дані магнітного пускача і пристрою захисного відключення. Представлені схеми випробувань цих апаратів і програми їх проведення.

Призначені для студентів Інституту автоматики і електротехніки НУК.

Рецензент д-р техн. наук, проф. А.А. Ставинський

Згідно з наказом ректора НУК №8 від 09.01.2008 методичні вказівки публікуються в авторській редакції і відповідальність за їх редагування несе автор.

ДОСЛІДЖЕННЯ МАГНІТНОГО ПУСКАЧА ЗМІННОГО СТРУМУ

Ціль роботи: ознайомитися з принципом дії і конструкцією магнітного пускача і зняти ампер-секундні характеристики теплових елементів пускача.

Загальні відомості

Пускатем називається електричний апарат, призначений в основному для пуску електричного двигуна без введення в ланцюг струму регулюючого опору. Пускаті, у яких використовуються апарати, працюючі на електромагнітному принципі, називаються магнітними.

Магнітні пускаті – це комплексні апарати, призначені для дистанційного керування та захисту асинхронних короткозамкнених двигунів. Нереверсивний пускач складається з триполюсного контактора та теплових реле.

Електромагнітна система контактора змінного струму прямоходова шихтована і складається з Е-образного сердечника та Т-образного якоря. На крайніх полюсах сердечника закріплені короткозамкнені витки, головні контакти місткового типу. Дугогасна система передбачає двукратний розрив дуги на полюс у щільно закритій камері.

У лабораторній роботі досліджуються магнітний пускач на базі контактора серії КМІ марки ІЕК®.

1. Технічні дані

1.1. Контактори малогабаритні серії КМІ торгівельної марки ІЕК® (далі контактори) призначені для використання в схемах керування електроприводами для пуску, зупинки і реверсування трифазних асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором на напругу змінного стру-

му до 660 В частоти 50 Гц, і по своїм характеристикам відповідають вимогам ДЕРЖСТАНДАРТ Р 50030.4. 1-2002 (МЕК 50947-4-1-2000).

Контактори також дозволяють дистанційно управляти мережами освітлення, нагрівальними пристроями, комутувати трифазні конденсаторні батареї й первинні обмотки трифазних низьковольтних трансформаторів.

1.2. Ступінь захисту, забезпечувана оболонкою контакторів – IP20 по ОСТ 14254-96.

1.3. Кліматичне виконання й категорія розміщення контакторів – ПХЛ4 за ДСТ 15150-69.

1.4. Номінальні і граничні значення параметрів головного ланцюга контакторів у категорії застосування AC-3 й AC-I(I_{th}) наведені в табл. 1.

1.5. Перерізи провідників, що підключають, до головних ланцюгів контакторів зазначені в табл. 2.

1.6. Ланцюги керування

Номінальні й граничні значення параметрів ланцюгів керування (вмикаючих котушок) контакторів наведені в табл. 3.

1.7. Перерізи провідників, що підключають, до ланцюгів керування контакторів зазначені в табл. 4.

1.8. Допоміжні ланцюги

Технічні характеристики допоміжного ланцюга (вмонтованих додаткових контактів) зазначені в табл. 5.

1.9. Додаткові пристрої до контакторів (табл. 6). Контактори в комплекті із триполюсними тепловими реле серії РТІ служать для захисту електродвигунів від перевантажень недопустимої тривалості й надструмів, що виникають при обриві однієї з фаз. Для збільшення кількості допоміжних контактів конструкція контакторів допускає установку однієї контактної приставки серії ПКІ. Установка на контакторах пневматичної приставки витримки часу серії ПВІ дозволяє одержати затримку замикання або розмикання допоміжного ланцюга від 0,1 до 180 с.

Умови експлуатації

Нормальними умовами експлуатації для контакторів є:

- температура навколишнього середовища від -25 до $+50$ °C (нижня гранична температура -40 °C);

- висота над рівнем моря не більше 3000 м;

- вплив механічних факторів навколишнього середовища по групах умов експлуатації М4, М7, М8 за ДСТ 17516.1-90. При цьому допускаються вібраційні навантаження із частотою до 100 Гц при прискоренні до 1g;

Таблиця 1

Параметри		КМІ-1091 (0/1)	КМІ-1121(0/1)	КМІ-1181 (0/1)	КМІ-2251 (0/1)	КМІ-2321(0/1)	КМІ-34012	КМІ-35012	КМІ-46512	КМІ-48012	КМІ-49512
Номинальна робоча напруга змінного струму U_e , В		230; 400; 660									
Номинальна напруга ізоляції U_i , В		660									
Номинальна імпульсна напруга U_{imp} , кВ		6									
Номинальний робочий струм I_e , категорія застосування АС-3 ($U_n \leq 400$ В), А		9	12	18	25	32	40	50	65	80	95
Умовний тепловий струм I_{th} ($t^\circ \leq 40^\circ$) категорія застосування АС-1, А		25	25	32	40	50	60	80	80	125	125
Номинальна потужність по АС-3 кВт	230 В	2,2	3	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	25
	400 В	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	37	45
	660 В	5,5	7,5	10	15	18,5	30	33			
Макс. короткочасне навантаження ($t \leq 1$ с), А		162	216	324	450	576	720	900	1170	1440	1710
Умовний струм короткого замикання I_{nc} , А		1000					3000			5000	
Захист від надструмів заповільник gG , А		10	20	25	40	50	50	63	80	100	100
Потужність розсіювання при I_e , Вт		0,2	0,36	0,8	1,25	2	2,4	3,7	4,2	5,1	7,2
		1,56	1,56	2,5	3,2	5	5,4	9,6	6,4	12,5	12,5

Таблиця 2

Параметри	КМП-1091 (0/1)	КМП-1121(0/1)	КМП-1181(0/1)	КМП-2251(0/1)	КМП-2321(0/1)	КМП-34012	КМП-35012	КМП-46512	КМП-48012	КМП-49512
Гнучкий кабель без накопичника, мм ²	1,0... 2,5	1,0... 2,5	1,5... 4	1,5... 4	2,5... 6	6... 16	10... 25	10... 25	16... 35	16... 35
Твердий кабель, мм ²	1,5... 4	1,5... 4	2,5... 6	2,5... 6	4... 10	10... 25	16... 35	16... 35	25... 50	25... 50
Крутний момент при затягуванні, Н·м	1,2			2,5			4,0			

– робоче положення: кріплення на вертикальній площині виводами вмикаючої котушки нагору як за допомогою гвинтів, так і замиканням на монтажну рейку. Допускається відхилення від вертикального положення до 30° у горизонтальній площині.

Для захисту двигунів від перевантажень найбільш широке поширення одержали теплові реле з біметалічною платівкою. Принцип дії таких реле заснований на розходженні лінійного подовження двох пластин при нагріванні, виконаних з різних матеріалів. Біметалічна платівка складається із двох шарів металу з різними коефіцієнтами лінійного розширення. Як матеріал, що володіє низьким коефіцієнтом лінійного розширення, використовується залізніонікелевий сплав – інвар, а як матеріал, що має високий коефіцієнт лінійного розширення, – хромонікелеві, молібденонікелеві і немагнітні сталі. Шари металу з'єднуються зварюванням, або прокаткою в гарячому стані. При нагріванні така пластина вигинається убік металу з меншим коефіцієнтом лінійного розширення. Один кінець біметалічної пластини з'єднаний з механізмом уставки, що дозволяє регулювати струм уставки шляхом зміни первісної деформації біметалічної пластини. Регулятор дозволяє змінювати номінальний струм уставки.

Надійний захист здійснюється шляхом узгодження ампер-секундних характеристик реле з перевантажувальною характеристикою двигуна. При правильно обраному реле його характеристика повинна розташовуватися нижче й поблизу характеристики нагрівання двигуна. В експлуатаційних умовах узгодження характеристик двигуна й реле досягається вибором реле з номінальним струмом, рівним номінальному стру-

Таблиця 3

Параметри		KMI-1091 (0/1)	KMI-1121(0/1)	KMI-1181 (0/1)	KMI-2251 (0/1)	KMI-2321 (0/1)	KMI-34012	KMI-35012	KMI-46512	KMI-48012	KMI-49512
Напруга котушки керування U_c , В		24, 42, 110, 230, 380									
Діапазони напруги керовування	Спрацов.	$(0,8...1,1) U_c$									
	Відпуск.	$(0,3...0,6) c$									
Потужність споживання котушки при U_c , ВА	Спрацов. $\cos\phi = 0,75$	60	60	60	90	90	200	200	200	200	200
	Утрим. $\cos\phi = 0,3$	7	7	7	7,5	7,5	20	20	20	20	20
Час спрацювання, мс	Спрацов.	12...22	12...22	12...22	15...24	15...24	20...26	20...26	20...26	20...35	20...35
	Розмик.	4...19	4...19	4...19	5...19	5...19	8...12	8...12	8...12	6...20	6...20
Комутаційна зносостійкість, млн циклів	АС-3	1,7	1,7	1,4	1,4	1,6	1,5	1,4	1,4	1,2	0,9
	АС-1	0,55	0,7	1,0	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	0,7	1,2
Механічна зносостійкість, млн ком. циклів		2	2	2	2	2	2	1,5	1,5	1,5	1,5
Потужність розсіювання, Вт		3	3	3	3,5	3,5	10	10	10	10	10

Таблиця 4

Параметри	Значення
Гнучкий кабель без нако- нечника, мм ²	1...4
Твердий кабель без нако- нечника, мм ²	1...4
Крутний момент при зятя- гуванні, Н·м	1,2

Таблиця 5

Параметри		Значення
Номинальна напру- га U_n , В	змін. струму	до 660
	пост. струму	до 440
Номинальна напруга ізоляції U_i , В		660
Струм термічної стійкості ($t^\circ < 40^\circ$) I_{th} , А		10
Мінімальна вмика- юча здатність	U_{min} , В	24
	I_{min} , мА	10
Захист від надструмів запобіжник gG , А		10
Макс, короткочасне навантаження ($t \leq 1$ с), А		100
Опір ізоляції, МОм		> 10

Таблиця 6

Параметри	КМІ-1091 (0/1)	КМІ-1121(0/1)	КМІ-1181 (0/1)	КМІ-2251 (0/1)	КМІ-2321 (0/1)	КМІ-34012	КМІ-35012	КМІ-46512	КМІ-48012	КМІ-49512
Теплові реле РТІ, А	0,1... 10	0,1... 13	0,1... 18	0,1... 32	0,1... 40	17... 40	17... 65	17... 70	17... 80	17... 104
Блоки до- даткових контактів ПКІ	1з + 1р, 2з, 4р, 2з + 2р, 4з									
Пневматич ні пристав- ки витрим- ки часу ПВІ	Витримка при вмиканні або вимиканні (1з + 1р): 0,1...3 с; 0,1...30 с; 10...180 с									

Продовж. табл.6

Параметри	КМІ-1091 (0/1)	КМІ-1121(0/1)	КМІ-1181 (0/1)	КМІ-2251 (0/1)	КМІ-2321 (0/1)	КМІ-34012	КМІ-35012	КМІ-46512	КМІ-48012	КМІ-49512
Модулі обмеження комутаційних перенапруг	Варистор, діод, резистивно-смісний ланцюг									

му двигуна. У цьому випадку звичайно забезпечується спрацювання реле при $(1,35 \dots 1,4) I_H$ протягом 20 хв.

У пускачах тепловий захист двигунів здійснюється тепловими реле РТІ.

1. Призначення й область застосування

1.1. Електротеплове реле серії РТІ торгівельної марки ІЕК (далі реле) призначені для використання з контакторами серії КМІ і забезпечують захист електродвигунів та інших навантажень (мереж освітлення, нагрівальних пристроїв) від перевантаження і несиметричних режимів роботи.

Реле відповідають вимогам ТУ 02 АГІЕ.644336.028.001.

УВАГА! Для захисту реле від струму короткого замикання необхідно встановлювати запобіжники з відповідним номінальним струмом (див. табл. 1) або автоматичні вимикачі.

1.2. Реле оснащені додатковими контактами – розмикаючим для відключення контактора й замикаючим для сигналізації

1.3. Ступінь захисту реле IP20 за ДСТ 14254-96.

1.4. Реле випускаються трьох габаритів:

– габарит 1 – на струми від 0,1 до 25 А;

– габарит 2 – на струми від 28 до 36 А;

– габарит 3 – на струми від 23 до 93 А.

2. Основні характеристики

2.1. Типовиконання реле, діапазон регулювання уставки спрацювання теплового захисту, типи запобіжників для захисту реле від струму короткого замикання, а також типи контакторів, використовуваних з реле, наведені в табл. 7.

Таблиця 7

Типови- конання реле	Діапазон ре- гулювання, А	Типи запобіжників для захисту реле, А		Типи контакторів, використовуємих з реле	Маса кг
		<i>aM</i>	<i>gG</i>		
PTI-1301	0,1...0,25	0,25	2	KMI-10910, KMI-109911, KMI-11210, KMI-11211, KMI-11810, KMI-11811, KMI -22510, KMI-22511	0,165
PTI-1302	0,16...0,25	0,5	2		
PTI-1303	0,25...0,4	1	2		
PTI-1304	0,4...0,63	1	2		
PTI-1305	0,63...1	2	4		
PTI-1306	1...1,6	2	4		
PTI-1307	1,6...2,5	4	6		
PTI-1308	2,5...4	6	10		
PTI-1310	4...6	8	16		
PTI-1312	5,5...8	12	20		
PTI-1314	7...10	12	20		
PTI-1316	9...13	16	25	KMI-11210, KMI-11211, KMI-11810, KMI-11811, KMI-22510, KMI-22511	0,32
PTI-1321	12...18	20	35	KMI-11810, KMI-11811, KMI-22510, KMI-22511	
PTI-1322	17...25	25	50	KMI-22510, KMI-22511	
PTI-2355	28...36	40	63	KMI-23210, KMI-23211	
PTI-3353	23...32	40	63	KMI-34012, KMI-35012, KMI-46512, KMI-48012, KMI-49512	0,51
PTI-3355	30...40	40	100	KMI-34012, KMI-35012, KMI-46512, KMI-48012, KMI-49512	
PTI-3357	37...50	63	100	KMI-35012, KMI-46512, KMI-48012, KMI-49512	
PTI-3359	48...65	63	100	KMI-46512, KMI-48012, KMI-49512	
PTI-3361	55...70	80	125	KMI-46512, KMI-48012, KMI-49512	
PTI-3363	63...80	80	125	KMI-48012, KMI-49512	
PTI-3365	80...93	100	160	KMI-49512	

2.2. Основні технічні характеристики реле наведені в табл. 8.

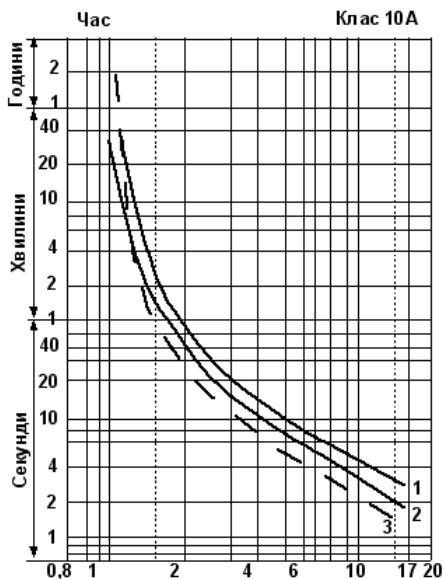
Таблиця 8

Параметри		Тип реле	
		РТИ-1301... РТИ-2355	РТИ-3353... РТИ-3365
Номінальна напруга, В		660	
Номінальна напруга ізоляції, В		660	
Номінальна імпульсна напруга, кВ		6	
Діапазон робочої частоти, Гц		0...400	
Клас розчіплювання		10 (пуск двигунів тривалістю до 10с)	
Переріз провідників, що приєднують, мм ²	Гнучкий кабель без наконечника	1,5...10	4...35
	Гнучкий кабель із наконечником	1...4	4...35
	Жорсткий кабель	1...6	4...35
Момент затягування, Н·м		2	9

2.3. Ампер-секундні характеристики реле наведені на рис. 1.

Рис. 1. Ампер-секундні характеристики реле:

- 1 – симетричний трифазний режим з холодного стану;
- 2 – симетричний двофазний режим з холодного стану;
- 3 – симетричний трифазний режим після тривалого протікання номінального струму (гарячий стан)



2.4. Основні технічні характеристики додаткових контактів реле наведені в табл. 9.

Таблиця 9

Найменування параметра		Значення
Тип додаткових контактів		1з + 1р
Струм термічної стійкості, А		5
Максимальна потужність, котушки контактора, підключаемої до вбудованих додаткових контактів, залежно від напруги, ВА	110 В	400
	220 В	600
	380 В	600
Захист від надструмів – запобіжник gG, А		5
Переріз приєднуваних провідників, мм ²		1...1,25
Момент затягування, Н·м		1,2

2.5. Габаритні й установлювальні розміри реле наведені на рис. 2, 3.

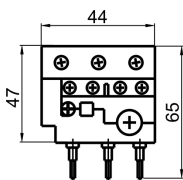


Рис. 2. РТИ-1301...РТИ-1322

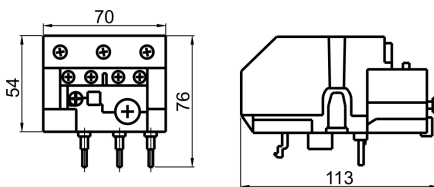


Рис. 3. РТИ-3353...РТИ-3365

Теплове реле забезпечує захист двигунів у наступних умовах: при тривалому (понад 20 хв) перевантаженню двигуна струмом понад 1,35 % I_e ; при зтяжному пуску; при обриві однієї фази, якщо двигун має номінальне навантаження.

Якщо струми перевантаження рівні або більше струмів уставки, відбувається спрацювання реле. Повторне включення магнітного пускача після спрацювання теплового реле можливо тільки по поверненню контактів реле у вихідне положення. Самоповернення реле у вихідне положення відбувається протягом не більше трьох хвилин, а ручне повернення – при натисканні на кнопку повернення протягом не більше однієї хвилини після спрацювання.

Індуктивний опір котушки контактора пускача залежить від величини повітряного зазору. При розімкнутому якорі він найменший, а при замкнутому – найбільший. Тому при включенні пускача виникають кидки струму, що перевищують в 5...10 разів струм котушки при замкнутому якорі.

Тягове зусилля, що розвиває електромагніт змінного струму, зі зміною повітряного зазору змінюється порівняно мало. Пояснюється це тим, що магнітний потік при зміні зазору залишається приблизно постійним. Збільшення тягового зусилля до кінця ходу якоря обумовлюється зменшенням потоків розсіювання. Тому при зменшенні повітряного зазору тягова характеристика електромагніта піднімається менш круто, чим в електромагнітах постійного струму. Внаслідок цього, тягова характеристика більш близько підходить до протидіючої і напруга відпускання становить $(0,5 \dots 0,65)U_c$, тобто вище, ніж у контакторів постійного струму. Тому коефіцієнт повернення виходить відносно високим.

Опис лабораторної установки

Схема лабораторної установки наведена на рис.4.

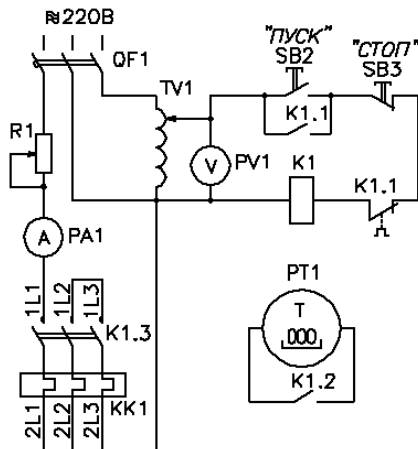


Рис. 4. Схема випробувань магнітного пускача

Програма роботи й порядок її виконання

1. Ознайомитися з конструкцією і принципом дії магнітного пускача.
2. Виміряти струм у котушці контактора пускача при замкнутому і розімкнутому якорі.

Для проведення досліду амперметр $PA1$ потрібно відключити від ланцюга навантаження й ввімкнути в коло котушки пускача, на межу вимірювання $0,75A$. Подати на котушку контактора номінальну напругу і виміряти струми. Визначити повний та індуктивний опір котушки при замкнутому й розімкнутому якорі. Для виміру струму при розімкнутому якорі його варто втримувати за наявний на рухливій системі виступ. При

вимірі струму при замкнутому якорі слід перемкнути межу вимірів амперметра на 0,075А натисканням кнопки SB1. При цьому необхідно втримувати магнітну систему від розмикання. Отримані дані звести в табл. 10.

Таблиця 10

Положення якоря	$U_e =$	$R_H =$		
	I, A	$Z, \text{Ом}$	$X, \text{Ом}$	$L, \text{Гн}$
Замкнутий				
Розімкнутий				

3. Визначити коефіцієнт повернення контактора. Змінюючи підводи до котушки контактора напругу, виміряти напругу. Отримані дані звести в табл. 11.

Таблиця 11

Виміри	$U_{\text{сп}}, \text{В}$	$U_{\text{відп}}, \text{В}$	K_U
1			$K_U = \frac{U_{\text{відп}}}{U_{\text{сп}}}$
2			
3			
Середнє			

4. Зняти ампер-секундну характеристику теплового реле.

Установити на тепловому реле уставку, що відповідає мінімальному струму спрацювання. Подати на котушку контактора номінальну напругу. Включити контактор кнопкою SB2 "Пуск" і швидко встановити по амперметру струм, рівний $3I_H$. Струм навантаження буде протікати доти, поки не спрацює теплове реле й своїм контактом не розімкне ланцюг живлення контактора К1, а він відключить секундомір, що зафіксує час.

Аналогічні виміри часу спрацювання реле КК1 зробити для чотирьох–п'яти значень струму, більше номінального. Отримані дані звести в табл. 12.

Таблиця 12

I, A	$t, \text{с}$

Установити на тепловому реле уставку, що відповідає максимальному струму спрацювання, і аналогічно вищевикладеному визначити залежність $t = f(I)$. Побудувати на одному графіку ампер-секундні характеристики при мінімальній і максимальній уставках.

Дати короткі висновки по роботі.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИСТРОЮ ЗАХИСНОГО ВІДКЛЮЧЕННЯ

Ціль роботи: вивчення пристрою, принципу дії, зборка досліджуваної схеми, перевірка працездатності, дослідження й визначення експлуатаційних характеристик і показників пристроїв захисного відключення, керованих сумарним струмом витоку, інакше диференціальним струмом.

1.1. Загальні відомості

Захист життя й здоров'я людей, а також їхнього майна, є першорядним завданням у всіх країнах світу. Для рішення цієї проблеми розроблені й продовжують розроблятися різні проекти, які стоять на варті безпеки людей, у тому числі й в області електро- і пожежобезпеки. Одним з ефективних способів підвищення рівня електро- і пожежобезпеки є застосування пристроїв захисного відключення електромережі, керованих струмами витоку, інакше диференціальним струмом. Ці пристрої давно й успішно використовуються у світовій практиці. На підставі аналізу статистичних даних про нещасні випадки зі смертельним результатом, які пов'язані із впливом електричного струму на організм людини, можна зробити висновок про високу ефективність застосування пристроїв захисного відключення. Тільки в європейських країнах у житлових і суспільних будинках встановлено більше 1 млрд таких пристроїв.

Пристрої захисного відключення (ПЗВ), керовані диференціальним струмом, значною мірою підвищують рівень електробезпеки електропристроїв, а також захищають майно й здоров'я людей завдяки запобіганню виникнення пожеж, викликаних несправністю електромережі. Особливостями ПЗВ є висока надійність, простота монтажу й невеликі розміри. Використання таких пристроїв дозволяє досягти високого ступеня захисту. При цьому необхідно виконати лише кілька, здебільшого легко реалізованих, вимог.

Пристрій захисного відключення по призначенню повинен бути виконавцем швидкої дії. У випадку появи в мережі струму витоку, величина якого перевищує уставку ПЗВ, він повинен автоматично відключити від мережі споживач (або його частину), який через нього приєднано до електричної мережі. Цим забезпечується обмеження величини й тривалості протікання струму через тіло людини у випадку прямого дотику. Таким чином, найважливішою особливістю захисного відключення є те, що воно, по суті, єдиний електрозахисний пристрій, що захищає людину від поразки.

1.2. Будова і принцип дії

ПЗВ складається з підсумовуючого трансформатора струму 1, чутливого реле, що відключає, 2, механізму вимикання 3 з контактною системою 4 і ланцюга контролю 5 (рис.5).

Через вікно трансформатора струму пропускаються всі провідники: фазний робочий L і нульовий робочий N . Якщо в споживача має місце

ушкодження ізоляції та контакт електричного ланцюга з корпусом, то у випадку дотику людини до корпусу в ланцюзі з'явиться струм витоку, що, як показано на рис. 1, протікає по тілу людини або якимсь іншим шляхом у землю. У такому випадку векторна сума струмів у робочих провідниках, пропущених через трансформатор струму, буде мати відмінне від нуля значення, тобто з'явиться так званий *диференціальний струм* I_{Δ} . Наявність диференціального струму визначає поява електрорушійної сили у вторинній об-

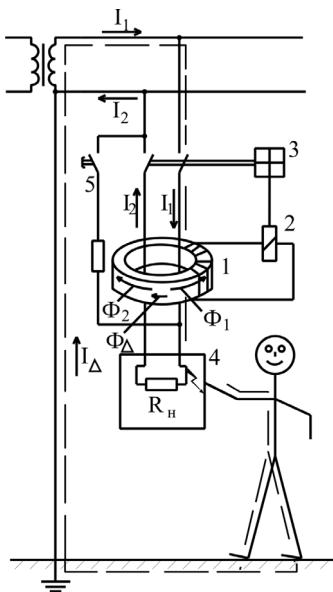


Рис. 5. Функціональна схема пристрою захисного відключення й векторна діаграма струмів:

I_1 – струм фазного робочого провідника L ;
 I_2 – струм нульового робочого провідника N ;
 I_{Δ} – струм витоку

мотці трансформатора струму 1, що за допомогою відключаючого реле 2 запускає механізм відключення 3. Таким чином, відбувається швидке відключення ушкодженої частини мережі.

Зрозуміло, що величина диференціального струму повинна бути достатньою для спрацювання реле. Тому існує поняття *номінального диференціального струму, що відключає ПЗВ*. Його слід відрізнити від *номінального струму ПЗВ*, який ПЗВ може пропустити в тривалому режимі роботи. Номінальний струм ПЗВ є, по суті, пасивним транзитним струмом пристрою. Обидва ці струми вказує виробник. У схемі пристрою передбачений ланцюг 5 для тестування працездатності ПЗВ.

1.3. Особливості виконання. Основні технічні показники

Залежно від способу монтажу розрізняють ПЗВ для фіксованого монтажу в розподільних щитах (рис. 6) і мобільного монтажу.

Відповідно до функціональної залежності від напруги живлення розрізняють ПЗВ:

- 1) *FI* – функціонально незалежні;
- 2) *DI* – функціонально залежні;
- 3) *HFI* – функціонально умовно залежні.

Найбільш досконалими є незалежні від напруги ПЗВ типу *FI*. Функціональна схема такого пристрою представлена на рис. 6.

За кількістю полюсів ПЗВ діляться на двухполюсні, які призначені для захисту в однофазних ланцюгах (L, N), і чотирьохполюсні, які використовуються в трифазних мережах ($L1, L2, L3, N$). Схеми двухполюсного й чотирьохполюсного ПЗВ представлені на рис. 7.



Рис. 6. Зовнішній вигляд ПЗВ для фіксованого монтажу

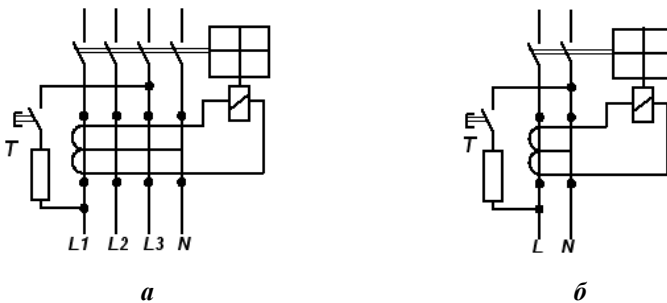


Рис. 7. Структурні схеми ПЗВ з різною кількістю полюсів:
а – чотирьохполюсний; б – двухполюсний

Чутливість ПЗВ до різних видів диференціального струму. У деяких випадках у зв'язку з використанням силових схем з напівпровідниковими елементами відбувається перекручування кривої змінного струму, що супроводжується збільшенням у ній постійної складової. При застосуванні ПЗВ в ланцюгах з потужними споживачами необхідно аналізувати криву струму, що протікає через ПЗВ, і вибрати відповідний цій кривій тип пристрою. Найчастіше застосовують ПЗВ, призначені для змінного диференціального струму (тип *AC*), рідше – для змінного й одночасно для пульсуючого постійного струму (тип *A*). Графічні позначення, характеризуючи відповідний тип ПЗВ, представлені в табл. 13; вони нанесені на корпус кожного пристрою.

Таблиця 13

Позначення	Тип	Властивості ПЗВ
	АС	Чутливо до змінного диференціального струму
	А	Чутливо до змінного й пульсуючого постійного* диференціальним струмам
	В	Чутливо до змінного, пульсуючого постійного й згладженого постійного** диференціального струму

* – пульсуючий постійний струм: хвилеподібні імпульси струму тривалістю (у кутовому вимірі) не менше 150° за один період пульсації, які виникають періодично з номінальною частотою й розділені проміжками часу, протягом яких постійний струм приймає значення, що не перевищує 0,006 А.

** – згладжений постійний струм: постійний струм з незначними хвилеподібними імпульсами (коефіцієнт пульсації не вище 10 %).

Позначення, характеризуючи чутливість ПЗВ до різних видів диференціального струму (відповідно до стандарту МЕК 755)

Час спрацьовування є одним з важливих технічних показників ПЗВ.

У цьому вони діляться на ПЗВ:

- 1) для загального застосування (рис. 8,*а*);
- 2) з певною невеликою затримкою спрацювання (рис. 8,*б*).

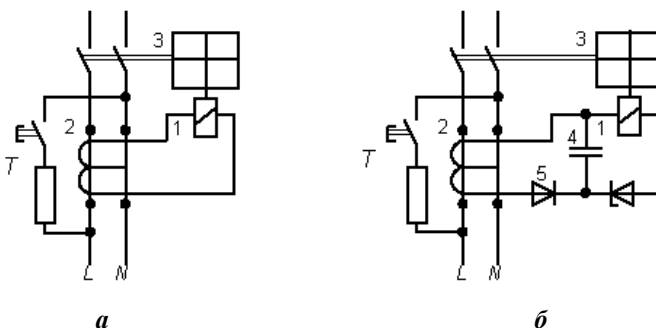


Рис.8. Структурні схеми ПЗВ:

а – без затримки спрацювання; *б* – із затримкою спрацювання;

1 – відключаючі реле; 2 – підсумовуючий трансформатор струму;

3 – перекидний орган; 4 – конденсатор; 5 – випрямляч

Перші вимикаються відразу після виникнення диференціального струму, значення якого перевищує величину необхідну для спрацювання.

Для других затримка характеризується терміном *граничний час невідключення*. Протягом цього нормованого відрізка часу ПЗВ не пови-

нен спрацювати навіть при великому диференціальному струмі. Наприклад, при короткочасному імпульсі диференціального струму, енергія імпульсу недостатня для заряду конденсатора до рівня граничної напруги перекидаючого органу, а значить не відбудеться відключення ПЗВ.

Залежно від граничного часу невідключення розрізняють ПЗВ:

- 1) загального призначення з мінімальною природною затримкою – –;
- 2) з підвищеною стійкістю до струму короткого замикання й середньою затримкою – G ;
- 3) селективні з істотною затримкою – S .

ПЗВ типу G може бути використане для виключення помилкових спрацювань під впливом зовнішніх факторів (перенапруг, різних перешкод, комутацій електроприймачів і т.п.).

Як правило, значення номінального вимикаючого диференціального струму $I_{\Delta n}$ типу S повинне бути не менше потросного значення номінального вимикаючого диференціального струму ПЗВ типу G або ПЗВ загального призначення, тобто:

$$I_{\Delta n S} \geq I_{\Delta n G}$$

або

$$I_{\Delta n S} \geq I_{\Delta n}$$

На рис.9 показані звичайно одержувані значення часу невідключення t різних типів ПЗВ при випробуванні номінальним диференціальним струмом $I_{\Delta n}$ для даного типу ПЗВ.

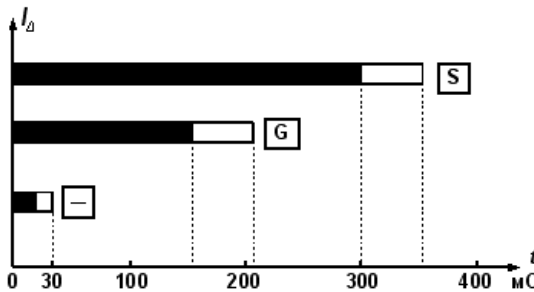


Рис. 9. Характерні значення часу невідключення ПЗВ при випробуванні диференціальним струмом $I_{\Delta} \geq I_{\Delta n}$

Селективний (вибірковий) диференціальний захист об'єктів

Ідея полягає в тому, що від струмів витоку захищаються як окремі конкретні споживачі так і їх групи аж до всієї системи в цілому. Організу-

вати такий захист можливо лише при наявності ПЗВ всіх трьох типів: загального призначення, G і S , які мають різні часо-струмові характеристики.

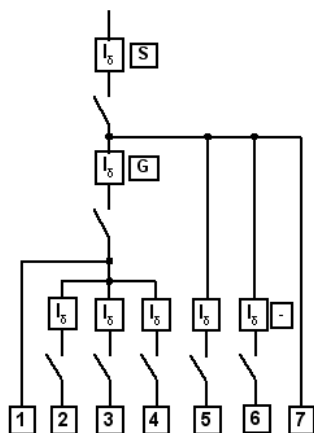


Рис. 10. Схема ділянки мережі із селективним диференціальним захистом об'єктів

Сказане продемонстровано мнимою ділянкою мережі із селективним диференціальним захистом (рис. 10). Споживачі 2, 3, 4, 5 та 6 захищені швидкісними диференціальними низькострумовими ПЗВ загального призначення. При витокі на об'єкті 1 відключаються разом з ним споживачі 2, 3 та 4.

Струми витокі в системі можуть з'явитися і як наслідок старіння ізоляції електропроводки та приладів. Ці струми здатні викликати пожежу, тому тільки вони з'являються слід відключити всю ділянку мережі, що доводиться на ПЗВ типу S . На схемі такі витокі імітуються об'єктом 7.

До ПЗВ ставиться вимога, щоб робочий діапазон диференціальних струмів спрацювання лежав у границях

$$I_{\Delta} = (0,5 \dots 1,0) I_{\Delta n}$$

1.4. Дія електричного струму на організм людини

У випадку дотику людини до частини електроустаткування, що перебуває під напругою, по тілу людини протікає електричний струм. Реакція організму на вплив електричного струму і можливі наслідки цього впливу залежать від дуже багатьох факторів, основними з яких є: параметри електричної мережі, умови навколишнього середовища (кліматичні

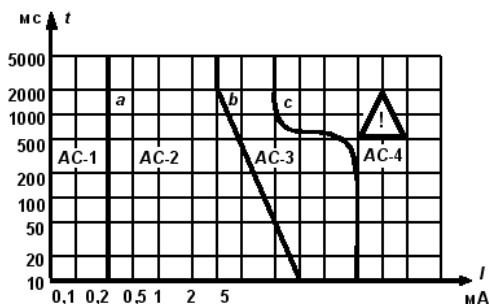


Рис. 11. Граничні криві змінного струму

й погодні), тривалість впливу струму, перехідний опір між тілом людини й землею (взуття, підлога), характеристика приміщення й опір тіла людини.

На рис. 11 представлені граничні криві змінного струму промислової частоти (повідомлення МЕК 479, розділ 2, 3-є видання 1994 року), які характеризують вплив електрично-

го струму на людину залежно від тривалості часу його протікання. Пояснення до рис. 11 наведені в табл. 14.

Таблиця 14

Позначення інтервалу (АС-змінний струм)	Граничні значення струму в інтервалі	Фізіологічний вплив
АС-1	до 0,5 мА	Звичайно без відчутного впливу.
АС-2	Від 0,5 мА до ламаної лінії <i>b</i>	Звичайно без шкідливого фізіологічного впливу.
АС-3	від ламаної лінії <i>b</i> до кривої <i>c</i>	Звичайно без органічного ушкодження. Можлива судорога м'язів і проблеми з диханням, якщо струм протікає більше 2 с. Порушення серцевої діяльності без фібриляції серцевого м'яза спостерігається тільки при більш тривалому часі протікання й при більш високих значеннях струму.
АС-4	вище від кривої <i>c</i>	Збільшується ймовірність виникнення таких небезпечних патологічних явищ, як зупинка дихання, важкі опіки й фібриляція серцевого м'яза.

Головним фактором, обумовлюючим відсутність смертельного результату при поразці людини електричним струмом, є малий час протікання електричного струму. У спеціальній літературі приводиться значення гранично припустимого добутку струму, що протікає по тілу людини, і часу його протікання, який дорівнює 70 мАс. При значеннях опору тіла людини 2000 Ом і напруги дотику 230 В величина струму, що протікає по тілу, складе $230/2000 = 0,115$ А. Час протікання струму в цьому випадку не повинен перевищувати значення 0,6 с. У випадку використання ПЗВ з номінальним вимикаючим диференціальним струмом, $I_{\Delta n} = 30$ мА значення часу відключення при дотику людини до струмоведучого провідника звичайно перебуває в межах від 10 до 30 мс, що гарантує високу ступінь безпеки. Залежно від умов навколишнього середовища, особливо при наявності або відсутності вологи, згідно зі стандартом NF 15-100 прийнято, що величина безпечної напруги (U_L) змінного струму становить:

- 50 В для сухої атмосфери;
- 25 В для вологої атмосфери.

Фізіологічний вплив електричного струму на людину залежно від інтервалу значень струму й часу його протікання по тілу (див. рис. 6)

Опис лабораторної установки

Схема лабораторної установки наведена на рис.12.

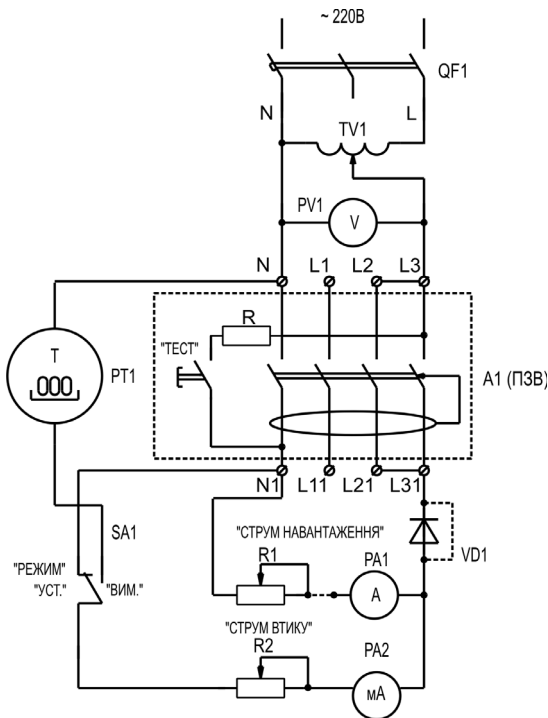


Рис. 12. Схема випробувань ПЗВ

Програма роботи й порядок її виконання

1. Ознайомитися із конструкцією ПЗВ. Установити тип і технічні показники досліджуваного ПЗВ. Зібрати схему (рис.12).

2. Виконати тестування ПЗВ й визначити мінімальну напругу мережі, при якій ПЗВ працездатний, для чого

- відключити навантаження (опір R1);
- утримуючи кнопку "ТЕСТ" плавно підвищувати напругу до моменту спрацювання ПЗВ.

Дослід повторити 2–3 рази, знайти середнє значення мінімальної напруги.

3. Визначити мінімальне значення диференціального струму $I_{\Delta min}$ спрацювання ПЗВ для змінного і постійного пульсуючих струмів при навантаженні $I_{нав} = 0$ й $I_{нав} = \kappa I_n$, де $\kappa = 0,15 \dots 1$ – приймається за вказівкою викладача.

4. Зняти й побудувати часострумові характеристики пристрою для різних видів диференціального струму I_{Δ} при $I_{нав} = 0$ й $I_{нав} = \kappa I_n$ тобто: $t_{но} = f(I_{\Delta})$, де $t_{но}$ – час невідключення; I_{Δ} – диференціальний струм.

5. Оцінити вплив струму навантаження $I_{нав}$ на часострумові характеристики ПЗВ.

Дати короткі висновки по роботі.

Навчальне видання

ЧЕКУНОВ Володимир Костянтинович
АЛЕКСАНДРОВСЬКИЙ Станіслав Юрійович
БАНДУРА Сергій Іванович

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних робіт з курсу
"Електричні апарати"

(українською мовою)

Комп'ютерна верстка *М. В. Удод*
Коректор *М. О. Паненко*

Свідectво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців,
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції
ДК № 2506 від 25.05.2006 р.

Підписано до друку 26.06.09. Папір офсетний. Формат 60×84/16.
Друк офсетний. Гарнітура "Таймс". Ум. друк. арк. 1,3. Обл.-вид. арк. 1,4.
Тираж 100 прим. Вид. № 29. Зам. № 240. Ціна договірна

Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування,
54002, м. Миколаїв, вул. Скороходова, 5